

¿Existen diferencias en la fuerza máxima, la flexibilidad y la composición corporal en los competidores de CrossFit® según su categoría?

Are there differences in maximal strength, flexibility, and body composition in CrossFit® competitors according to their category?

Juan Esteban Hoyos Manrique, William Esteban Bedoya Chavarría, Wilder Geovanny Valencia Sánchez, Carlos Alberto Agudelo Velásquez

Universidad de Antioquia (Colombia)

Resumen. El objetivo de este estudio fue determinar las diferencias de rendimiento en la fuerza máxima en sentadilla y banca plana, flexibilidad y composición corporal en los competidores de Crossfit® según su categoría. El diseño del estudio fue no experimental descriptivo de carácter transversal. Los participantes fueron 30 sujetos (edad 26.6 ± 5.2 años; masa 77 ± 9.4 kg; talla 172.8 ± 7 cm) practicantes de Crossfit® a nivel competitivo en las categorías intermedio, avanzado y elite. La fuerza máxima fue evaluada con la prueba de repetición máxima en sentadilla y banca plana; la flexibilidad se midió con el Flexitest y la composición corporal con bioimpedancia. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < .001$) en la fuerza máxima al comparar las categorías competitivas. Estos valores de fuerza máxima aumentan a medida que avanza la categoría de competición. Sin embargo, no hubo diferencias en la flexibilidad, masa, porcentaje de grasa o porcentaje de masa muscular.

Palabras clave: Rendimiento deportivo CrossFit®; entrenamiento funcional de alta intensidad; indicadores físicos; rendimiento de referencia; fuerza.

Abstract. The purpose of this study was to determine performance differences in maximal squat and flat bench strength, flexibility, and body composition in CrossFit® competitors according to their category. The study design was non-experimental descriptive in a cross-sectional nature. The participants were 30 subjects (age 26.6 ± 5.2 years; mass 77 ± 9.4 kg; height 172.8 ± 7 cm) who practiced CrossFit® at a competitive level in the intermediate, advanced, and elite categories. Maximum strength was determined using the flat bench chest press and squat in the one repetition maximum test; flexibility was determined using the Flexitest; and body composition was determined using bio-impedance. When comparing the competitive categories, statistically significant differences ($p < .001$) in maximum strength were discovered. These values increase as the competition category progresses. However, there were no differences in flexibility, mass, percentage of fat, or percentage of muscle mass.

Keywords: CrossFit® sport performance; high-intensity functional training; fitness indicators; physical indicators; benchmark performance; strength.

Fecha recepción: 16-07-22. Fecha de aceptación: 15-11-22

Juan Esteban Hoyos Manrique

juane.hoyos@udea.edu.co

Introducción

El Crossfit® (CrossFit®, Inc., Washington, DC, USA) nació en los años 90 de la mano de Greg Glassman con el objetivo de crear un programa para el acondicionamiento metabólico y entrenamiento de la fuerza a partir del levantamiento de pesas, gimnasia y powerlifting (Cayetano & Macón, 2014; Cervantes et al., 2022; CrossFit Inc, 2018). Esta práctica se ha convertido en una de las principales tendencias del fitness con gran acogida y respuesta de los practicantes (Cervantes et al., 2022; Fisher et al., 2017; Thompson, 2014; Yüksel et al., 2019). Sin embargo, el Crossfit® es una marca registrada a nivel mundial con un sistema de entrenamiento patentado que tiene alrededor de 14000 boxes afiliados (CrossFit, 2020), quienes pagan una membresía anual por la utilización de la marca. Esta metodología es de acceso abierto y permite a la comunidad la interacción, construcción y deconstrucción de la misma basada en sus experiencias (CrossFit Inc, 2020) y cuenta con más de cinco millones de practicantes en el mundo (Cejudo, 2022).

El Crossfit® se basa en la ejecución de movimientos funcionales, variados, cortos y ejecutados a alta intensidad (Bellar et al., 2015; CrossFit Inc, 2018; Paine et al., 2010) con periodos de descanso cortos (Oliver-López et al.,

2022) o sin tiempo de recuperación (Cejudo, 2022) en cada entrenamiento del día (WOD = Work of the Day). Este entrenamiento puede incluir ejercicios como peso muerto, arranque, envión, sentadilla, correr, saltar la cuerda, remar, lagartijas parada de manos, press de hombros, barras paralelas, caminar de mano y anillos (Butcher et al., 2015; Cervantes et al., 2022; Costa et al., 2021). Los entrenamientos más populares en el Crossfit® son EMOM (cada minuto al minuto), AMRAP (la mayor cantidad de repeticiones posibles), RFT (repeticiones por tiempo), chipper (una serie de ejercicios de una serie con una alta cantidad de repeticiones en el menor tiempo posible), ladder (uno o más movimientos donde la carga de trabajo incrementa o disminuye con el tiempo) o tabata (varias rondas de intervalos de alta intensidad alternando 20 s de esfuerzo con 10 s de descanso) (Cejudo, 2022). A partir de esta estructura de entrenamiento se desarrollan 10 aspectos físicos, los cuales son: resistencia cardio respiratoria, estamina, fuerza, flexibilidad, potencia, velocidad, coordinación, agilidad, equilibrio y precisión (CrossFit Inc, 2018); es decir, el Crossfit® realiza la combinación de ejercicios que involucran grandes grupos musculares ejecutados a la mayor intensidad posible controlando el tiempo de ejecución, peso movilizado y repeticiones realizadas. Estas características ha llevado a concebir este tipo

de entrenamiento como concurrente, dado que combina ejercicios de fuerza con ejercicios aeróbicos en una sesión de entrenamiento (Costa et al., 2021; Wilson et al., 2012). En cuanto a los efectos agudos y crónicos, estos dependen de acuerdo al volumen, la duración y la frecuencia del entrenamiento (Oliver-López et al., 2022; Wasfy & Baggish, 2016). En los efectos agudos se ha encontrado un incremento significativo de la frecuencia cardiaca, incremento del consumo máximo de oxígeno y niveles de lactato, mientras que en los efectos crónicos se ha encontrado mejor desempeño en la capacidad aeróbica y presión arterial como el mejoramiento de la relación testosterona-cortisol afectando también la composición corporal (Oliver-López et al., 2022).

En la literatura científica relacionada con el Crossfit® existen datos que sugieren una asociación del Crossfit® con el desarrollo de aptitudes físicas y morfológicas (CrossFit Inc, 2018; Dawson, 2017; Kliszczewicz et al., 2015; Thompson, 2014; Tibana et al., 2016) preparando a los practicantes para desafíos aleatorios (CrossFit Inc, 2018; Nash & Baron, 2018). Un ejemplo de lo anterior, es el estudio realizado por Paine et al. (2010) con 14 soldados de los Estados Unidos entre los 30 y 45 años que estuvieron adheridos al programa por seis semanas; estos, mejoraron entre el 20% al 40% los valores de fuerza máxima, potencia, capacidad aeróbica y resistencia muscular localizada. De la misma manera, Eather et al. (2015) demostraron efectos en la resistencia, la fuerza y la composición corporal en adolescentes ($\bar{x} = 15.4; \pm 5$ años), después de tres meses. Sumado a lo anterior, Smith et al. (2017) reportaron efectos en adultos en el consumo máximo de oxígeno y reducción del porcentaje de grasa, tanto en hombres como en mujeres, los cuales realizaron un programa de CrossFit® de 10 semanas. Al igual, Perna et al. (2017) mostraron beneficios de ocho semanas de entrenamiento de Crossfit® en la composición corporal en mujeres y hombres ($\bar{x} = 31.74; \pm 7.46$ años). Por su parte, Murawska-Cialowicz et al. (2015) demostró en un estudio cambios de factor neurotrófico derivado del cerebro que estimula los procesos de neurogénesis y que puede ayudar como proceso terapéutico después de tres meses de entrenamiento. Por otra parte, Wiewelhove et al. (2015) observó que un programa alta intensidad de seis días generó cambios positivos y significativos en la capacidad de repetir sprint. Mientras que Costa et al. (2021) compararon el Crossfit® con un entrenamiento de sobrecarga tradicional en ocho semanas (tres sesiones por semana) en adultos y no encontraron diferencias en las expresiones de fuerza al comparar ambos grupos. De manera similar, el estudio de Sobrero et al. (2014) quien no encontraron diferencias en seis semanas en la fuerza. En contraste, Özbay (2019) encontró diferencias significativas en la fuerza resistencia en el ejercicio de *Push-ups* a favor del grupo que realizó el entrenamiento de Crossfit® que consistió en un circuito de 20 minutos con *Pull-ups*, *Push-ups* y *Squats* llamado “Cindy” comparado con entrenamiento tradicional (3 series hasta el fallo con 3 minutos de

descanso entre series) después de 16 semanas. Igualmente, Cardeñosa et al. (2020) en un estudio longitudinal de seis meses (26 semanas, cinco sesiones por semana) encontró mejor eficiencia metabólica en cuanto al ratio de oxidación de grasas sin daños musculares en jóvenes. De la misma manera, otro estudio transversal comparó sujetos entrenados con practicantes de Crossfit® y encontraron diferencias en la capacidad aeróbica y mayor tamaño del efecto en la fuerza relativa en los miembros superiores (de Sousa et al., 2016). Por su parte, Gerhart & Pasternostro (2014) en un estudio similar encontró las diferencias en la fuerza máxima. En relación con la flexibilidad, Ambroży et al. (2022) evidenciaron mejoras en practicantes de kickboxing ($\bar{x} = 20.07 \pm 1.46$ años). Así no hay consenso en los efectos de entrenamiento, lo que requiere mayor cantidad de estudios en la temática (Costa et al., 2021). Sin embargo, esta metodología al parecer se asocia a efectos en la composición corporal, resistencia aeróbica, flexibilidad, coordinación, equilibrio, agilidad (Claudino et al., 2018; Partridge et al., 2014) adaptaciones en la fuerza máxima y resistencia muscular (Özbay, 2019). Además genera buena adherencia (Costa et al., 2021; Meyer et al., 2017; Oliver-López et al., 2022) porque se encuentra asociado a niveles altos de sentido de comunidad, satisfacción y motivación (Claudino et al., 2018; Partridge et al., 2014) y mejor rendimiento físico (Oliver-López et al., 2022).

El Crossfit® también cuenta con un reglamento y una estructura de competición mundial llamado los “Crossfit® Games”. El cual tiene un sistema oficial de clasificación llamado “Open” donde los participantes demuestran sus aptitudes físicas para competir a nivel nacional e internacional (CrossFit, 2022). Una dinámica competitiva que surgió 12 años después de su génesis (Weisenthal et al., 2014). Por lo cual, cada año los practicantes de esta modalidad se preparan para competir en los Crossfit® Games (Cervantes et al., 2022). En Colombia, se reconocen tres categorías de competición: intermedio, avanzado y elite (Pukiebook, 2022); las cuales se establecieron con la intención de clasificar a los participantes de acuerdo a su nivel de rendimiento. Los intermedios son considerados principiantes, tienen poco dominio de habilidades gimnásticas y levantamiento de pesas; los avanzados generalmente tienen más tiempo de práctica, experiencia y mayor desarrollo de las aptitudes físicas comparados con los intermedios; finalmente la categoría elite, tienen mayor experiencia, dominio de habilidades gimnásticas y mejor aptitud física que las demás categorías. Sin embargo, surge la necesidad de verificar el rendimiento y las diferencias de las categorías de participación en la competencia principal de los Crossfit® Games aportando evidencia científica al campo. El cual tiene una gran cantidad de participantes, pero evidencia científica escasa (Cervantes et al., 2022; Costa et al., 2021). Así, el objetivo del estudio es determinar diferencias de rendimiento en la fuerza máxima en sentadilla y banca plana, flexibilidad y composición corporal en los competidores de Crossfit® según su categoría.

Metodología

Diseño

Estudio cuantitativo con diseño no experimental descriptivo de carácter transversal (Hernández-Sampieri et al., 2018).

Participantes

La muestra del presente estudio fue no probabilística intencionada (Hernández-Sampieri et al., 2018) con 30 participantes competidores de Crossfit® de la ciudad de Medellín quienes fueron estratificados en tres grupos: intermedio, avanzado y elite. El rango de edad fue entre 18 y 34 años; en coherencia con el rango de edad en los “Crossfit® Games” (CrossFit, 2019). Los participantes fueron convocados a través de redes sociales y los datos se tomaron durante el año 2020 y 2021.

Los criterios de inclusión del presente estudio fueron: firmar el consentimiento informado, estar afiliado a un sistema de salud, realizar los entrenamientos en un gimnasio (box) de la ciudad de Medellín, contar con una experiencia mínima de un año en la práctica de Crossfit®, haber participado en un open clasificatorio para determinar la categoría de competición (intermedio, avanzado y elite). Mientras que los criterios de exclusión fueron: presentar algún antecedente de trastorno osteomusculares agudo y/o crónico que impidiera la participación en las pruebas, presentar algún antecedente de patología cardiovascular y no cumplir debidamente con alguno de los protocolos establecidos.

Instrumentos y procedimientos

En la Tabla 1 se observa el orden procedimental en la recolección de los datos de estudio.

Tabla 1.
Recolección de datos

Orden procedimental
Firma consentimiento informado
Evaluación de la composición corporal
Flexibilidad
Prueba de fuerza máxima en sentadilla
Prueba de fuerza máxima en banca plana

Para la composición corporal se tomaron las variables de talla, masa, porcentaje de grasa corporal y porcentaje de masa muscular. En la medición de la talla se realizó el protocolo propuesto por Quintana (2005) en el cual se utilizó un tallímetro (modelo 206, marca Seca, Alemania); para esto se colocó el tallímetro en la pared y se ubicó a cada sujeto de pie, apoyando su cuerpo desde los pies, glúteos y espalda hasta el vértex contra la pared para tomar el registro en centímetros (cm). El registro se realizó cuando el participante hizo una inspiración forzada y con una leve tracción por parte del evaluador desde el maxilar inferior, manteniendo la cabeza del sujeto en el plano de Frankfurt.

Para la toma de datos de masa, porcentaje de grasa corporal y porcentaje de masa muscular se realizó una medición doblemente indirecta mediante la bioimpedancia

eléctrica. Esa medición tiene una correlación estadísticamente significativa ($p < .001$ y $r = .95$) y una buena concordancia con el método gráfico de Bland Altman (IE = 95 %) para la determinación del porcentaje de grasa corporal (Alomía et al., 2022). Para esto se utilizó una báscula bioimpedancia eléctrica (modelo HBF-516B, marca OMRON, Japón) con una confiabilidad de $r = .928$ (Lukaski et al., 1986). Para tal fin, se realizó el protocolo propuesto por Alvero-Cruz et al., (2011) con algunas adaptaciones (hora e indumentaria), las cuales fueron, no haber realizado actividad física en las últimas ocho horas, orinar antes de la medición, restringir la ingesta de alimentos y bebidas cuatro horas previas a la evaluación, no consumir alcohol 48 horas previo a la revisión, instauración previa de ocho a 10 minutos en posición decúbito supino, correcta posición de los electrodos, sin elementos metálicos; y se realizó en las horas de la mañana y en ropa interior.

Por otra parte, la flexibilidad se midió con el rango óptimo de movimiento (ROM) con el Flexitest que tiene confiabilidad de $r = .947$ (De Araújo, 2005). Esta es una prueba adimensional porque sus resultados se presentan como puntos, sin valores lineales o angulares. Se realizó una valoración de 20 movimientos articulares del cuerpo en cinco posiciones; tumbado en posición supina, tumbado en posición de decúbito prono, tumbado en posición lateral, sentado y de pie (De Araújo, 2005). Las recomendaciones previas a los participantes fueron: (1) no realizar actividad física al menos una hora previa al test; (2) participación con ropa deportiva y ajustada para la evaluación de los movimientos; (3) evaluación sin gafas por parte del participante; (4) el evaluado debe retirarse previo a la evaluación elementos como pulseras, joyas o relojes que puedan dañarse o limitar algunos de los movimientos; (5) el sujeto debe atender a las indicaciones del evaluador y adoptar las posiciones de acuerdo al protocolo; (6) el participante es informado que en algunos movimientos puede llegar a sentir molestias al llegar al ROM, especialmente en los movimientos de codo y muñeca; (7) al iniciar el test, se establece con el sujeto la palabra de seguridad “Ya” para proteger la salud del evaluado, así, el evaluador reconoció los grados de molestia del sujeto o si ha alcanzado el ROM máximo; además, el evaluador prestó atención a las expresiones corporales del sujeto que sirvieron como aviso para detener el movimiento asistido (De Araújo, 2005). Para la toma de los datos, cada sujeto fue valorado por dos evaluadores en un tiempo aproximado de cinco minutos. Los sujetos realizaron cada una de las posiciones hasta alcanzar el punto máximo o la palabra de seguridad acompañado de un evaluador mientras que el segundo evaluador realizó en ese momento la captura de cada movimiento mediante una cámara, acto seguido, se verificó la calidad de la posición (ángulo) e imagen. En dado caso de no cumplir con calidad de la foto, se procedió a repetir la posición. En total, cada participante tuvo 20 fotos, una por movimiento que fueron cargadas a la nube mediante la aplicación de Google Drive para ser analizadas a posteriori por uno de los evaluadores que asignó los puntajes a cada

movimiento y según el puntaje total fue clasificado en percentiles de acuerdo a la propuesta por De Araújo (2005) (Tabla 2). Estos percentiles fueron tomados de acuerdo con la edad y el sexo.

Tabla 2.
Intervalo de percentil y expresión en la flexibilidad (De Araújo, 2005, p.126)

Intervalo de percentil	Expresión
Por debajo de P3	Extremadamente bajo
Entre P3 y P10	Muy bajo
Entre P11 y P25	Bajo
Entre P26 y P40	Medio-bajo
Entre P41 y P60	Medio
Entre P61 y P75	Medio-alto
Entre P76 y P90	Alto
Entre P91 y P97	Muy alto
Por encima de P97	Extremadamente alto

Los sujetos fueron evaluados en un área de caucho designada en el gimnasio. Las fotos fueron tomadas con una cámara de 48 megapíxeles de un dispositivo móvil (modelo G8 plus, marca Motorola, Estados Unidos) con la ayuda de un trípode (modelo TF-3110, marca Telefeing) a una distancia del evaluado de un metro con tres alturas de acuerdo con el movimiento: 10 cm (Figura 1), 60 cm (Figura 2) y 80 cm (Figura 3).

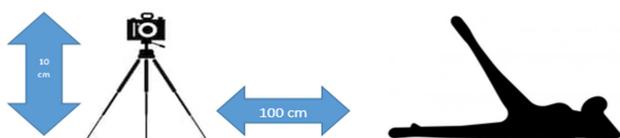


Figura 1. Altura y posición de la cámara para la evaluación en decúbito supino y prono. Nota: elaboración propia

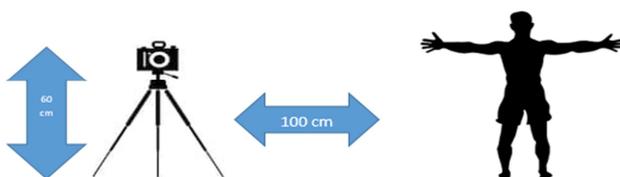


Figura 2. Altura y posición de la cámara para la evaluación de pie. Nota: elaboración propia

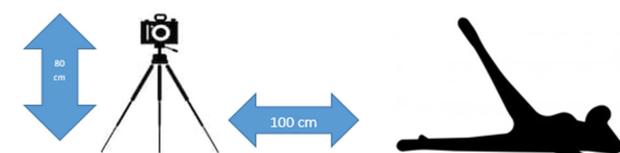


Figura 3. Altura y posición de la cámara para la evaluación sentada. Nota: elaboración propia

El evaluador para aumentar la confiabilidad de los datos y reducir la fatiga cognitiva realizó la respectiva observación durante una hora; posteriormente, descanso 15 min hasta completar máximo dos horas y media por jornada. Los evaluadores recibieron una capacitación de 15 horas en el Flexitest, según lo recomendado por De Araújo (2005). Para el análisis, cada movimiento articular capturado en imagen fue evaluado en una escala de uno a cuatro; luego, cada valor fue sumado para obtener el dato que permitió clasificar a los participantes de manera categórica en una escala percentilar (De Araújo 2005).

En las pruebas de fuerza máxima de sentadilla y banca plana se aplicó el protocolo de Baechle citado en Ayllón et al. (2005) con algunas modificaciones en su estructura (activación, tiempos de descanso y volumen) para obtener una repetición máxima (1RM). Este protocolo consistió en un calentamiento con movimientos articulares y flexibilidad durante 10 minutos, una serie de 10 repeticiones con la barra, para luego realizar dos series de cinco repeticiones al 50% de 1RM, tres repeticiones al 60% de 1RM, dos repeticiones al 70% de 1RM, una repetición al 80% de 1RM, una repetición al 90% de 1RM y a partir de aquí dando pausas de dos minutos de descanso, se procedió al 95% de 1RM y 100% de 1RM. Esta prueba tiene una confiabilidad muy alta ($r = .986 - .999$) (Pereira & Gomes, 2003).

Control de sesgos

Se realizó una prueba piloto en cada uno de los protocolos propuestos para el estudio, esto con el fin de conocer las posibles dificultades que se pudieran presentar durante su ejecución. Además, se verificó cada uno de los datos por parte de cada investigador en el mismo momento de la recolección. También se explicó de manera detallada a los sujetos la finalidad de su participación y sus funciones dentro de la ejecución de los protocolos buscando en conjunto con los investigadores llevar a cabo cada uno de los protocolos con rigurosidad. Por último, se trabajó con protocolos confiables dentro de la literatura consultada y al momento de la toma de los datos, no se presentaron dificultades o problemas dentro de la logística programada.

Análisis estadístico

Se realizó una prueba de normalidad de las variables continuas a través de Shapiro Wilk donde se encontraron datos con distribución normal, los cuales fueron resumidos con media y desviación estándar, mientras que los datos con distribución no normal se resumieron con mediana y rango intercuartílico. Posteriormente, se realizó un análisis inferencial para los datos con distribución normal a través de Anova de un factor con post hoc de Bonferroni; mientras que para las variables con distribución no normal se realizó la prueba de Kruskal Wallis y en donde se detectaron diferencias se procedió con la U de Mann Whitney. Además, para determinar la diferencia de proporciones se utilizó Chi Cuadrado. Los análisis fueron realizados con un valor alfa $< .05$ ($p < .05$) y una confiabilidad del 95%. Se utilizó el paquete estadístico versión 27 IBM Statistical Package for the Social Sciences (Illinois) (SPSS).

Análisis de fiabilidad

Se realizó un análisis de fiabilidad intra-observador mediante índice de concordancia de Kappa de Cohen (González et al., 2020) con acuerdo de .44 que significa una fuerza de concordancia moderado (Abraira, 2001). Este análisis se realizó con un lapso de 30 días, siendo un tiempo mayor al recomendado (Robinson & O'Donoghue,

2007) donde se analizó 30% de los datos, valor que está por encima del valor de referencia (10%) indicado por la literatura (Tabachnick et al., 2007). Los datos fueron seleccionados al azar por medio del software EPIDAT 3.1.

Aspectos éticos.

Los investigadores tomaron las precauciones propuestas en los protocolos con el fin de garantizar la conducción ética del estudio, según el artículo 45 de la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud en Colombia (Congreso de la República sobre las consideraciones éticas para la investigación con seres humanos., 1993) que clasifica el estudio con un riesgo mínimo por tratarse de un estudio que emplea el registro de algunas pruebas físicas y antropométricas con características similares a las prácticas rutinarias de los sujetos. Además, los sujetos firmaron el consentimiento informado que certificó el deseo de participar de la investigación sin ninguna retribución económica. La actuación de los investigadores estuvo dentro de los rangos de las normas éticas establecidas para la investigación con seres humanos (Mundial Medical Assosiation, 2019).

Resultados

En la Figura 4 se observa el flujograma de participación con los 30 participantes, 10 participantes por cada categoría de competencia; quienes, cumplieron con los criterios de inclusión y realizaron las pruebas con los respectivos protocolos.

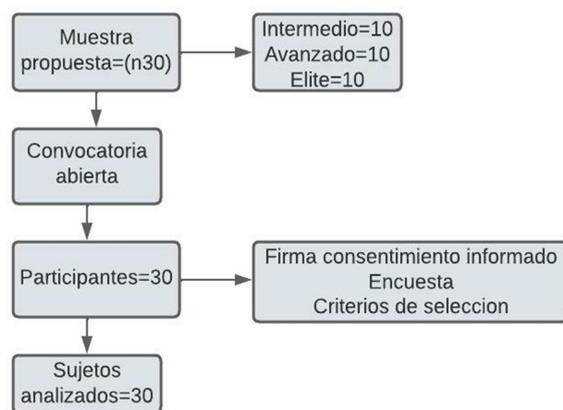


Figura 4. Flujograma de participación

Tabla 3. Análisis descriptivo de las variables principales de estudio con distribución normal

Variable (n=30)	Media	±	Mínimo	Máximo
Masa (kg)	77	9.4	57.8	95.3
Talla (cm)	172.8	7	155	188
% Grasa corporal	20.1	3.8	10.8	26.6
Fuerza máxima en sentadilla (kg)	148.4	36.1	180	475
Fuerza máxima en banca plana (kg)	96.9	25	95	315

En la Tabla 3 se observa la media, desviación estándar, dato mínimo y máximo de las variables principales del

estudio; se resalta la media del porcentaje de grasa corporal de 20.1 (\pm 3.8) %; sentadilla de 148.4 (\pm 36.1) kg y la prueba de banca plana de 96.9 (\pm 25) kg de todos los participantes. En la Tabla 4 se observa la mediana y el rango intercuartílico de la edad, la experiencia y el porcentaje de masa muscular.

Tabla 4.

Análisis estadístico de las variables principales de estudio con distribución no normal

Variable (n=30)	Mediana	Rango Intercuartílico
Edad (años)	26.5	10.3
Experiencia (años)	4	3.25
% Masa muscular	40.1	3.8

En relación con el Flexitest se observan los baremos en los cuales quedaron clasificados los sujetos de estudio (Tabla 5).

Tabla 5.

Clasificación de la flexibilidad con los baremos del flexitest

Variable Flexitest (n=30)	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	3	10
Medio bajo	14	46.7
Medio	13	43.3

Por otra parte, en el análisis inferencial se halló que la estatura, la masa, el porcentaje de masa muscular, porcentaje de grasa corporal y flexibilidad no tienen diferencias estadísticamente significativas ($p > .05$) entre las categorías intermedio, avanzado y elite (Tablas 6, 7 y 9). Sin embargo, en las pruebas de fuerza máxima en sentadilla se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($\bar{x}=117.9 \pm 23.5$ kg intermedios; $\bar{x}=146.3 \pm 32.4$ kg avanzados y $\bar{x}=180.9 \pm 19.7$ kg elite; $p < .001$). Al aplicar la prueba post hoc de Bonferroni se encontraron las diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de elite vs el grupo intermedio ($p < .001$) y elite vs avanzado ($p < .001$) quienes tienen una diferencia de 63 kg y 34.6 kg respectivamente en sentadilla (Tablas 7 y 8); pero, no se encontraron diferencias significativas entre la categoría intermedio (117.9 ± 23.5 kg) y avanzado (146.3 ± 32.4 kg). De igual manera, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba de banca plana ($\bar{x}=74 \pm 18.3$ kg intermedios; $\bar{x}=98.1 \pm 13$ kg avanzados y $\bar{x}=118.6 \pm 20.3$ kg elite; $p < .001$). Estas diferencias se encontraron en elite vs intermedio ($p < .001$) y elite vs avanzado ($p = .044$) con una diferencia de 44.6 kg y 20.5 kg en sentadilla, pero también se encontraron diferencias en esta variable entre avanzado e intermedio ($p = .015$) con una diferencia de 24.1 kg (Tablas 7 y 8). Además, hubo tendencia a la diferencia estadística en la edad al discriminar por categoría ($p = .053$) y estas diferencias se encontraron únicamente al comparar elite (Me=30; RI=4.3 años) vs avanzado (Me = 25.5; RI= 7.3 años) (Tablas 9 y 10) y se encontraron diferencias estadísticas en la experiencia ($p = .010$) entre el grupo intermedio (Me = 1.5; RI 3 años) comparado con el grupo elite (Me = 4; RI = 2.5 años) (Tabla 9 y 10).

Tabla 6.
Análisis inferencial de la flexibilidad

Percentil	Intermedio	Avanzado	Elite	Total	Estadístico Chi cuadrado	Valor p
Bajo (%)	0	3.3	6.7	10		
Medio bajo (%)	6.7	20	20	46.7	9.05	.060
Medio (%)	26.7	10	6.7	43.3		
Total (%)	33.4	33.33	33.4	100		

Tabla 7.
Análisis inferencial de la fuerza máxima, talla, masa y porcentaje de grasa en las categorías: intermedio, avanzado y elite

Variable	n	Categoría	\bar{x}	\pm	IC95%	Valor p
Talla (cm)	10	Intermedio	171.6	6.81 g	166.7;176.4	
	10	Avanzado	175.4	6.71	170.6;180.2	.370
	10	Elite	171.4	7.61	166;176.8	
Masa (kg)	10	Intermedio	74.6	9.83	67.6;81.6	
	10	Avanzado	74.7	7.71	69.2;80.2	.148
	10	Elite	81.8	9.54	75;88.6	
% Grasa	10	Intermedio	21.7	3.82	18.9;24.4	
	10	Avanzado	18.9	4.43	15.7;22.1	.272
	10	Elite	19.8	2.98	17.7;21.9	
1RM sentadilla (kg)	10	Intermedio	117.9	23.5	100.9;134.4	
	10	Avanzado	146.3	32.4	122.8;169.2	.001**
	10	Elite	180.9	19.7	166.4;194.6	
1RM banca plana (kg)	10	Intermedio	74	18.3	60.7;87	
	10	Avanzado	98.1	13	88.6;107.3	.001**
	10	Elite	118.6	20.3	103.8;132.9	

n = Tamaño de la muestra; \bar{x} = Promedio; \pm = Desviación estándar; IC95% = Intervalo de confianza del 95%; ** = Diferencias estadísticamente muy significativas $p < .001$

Tabla 8.
Análisis Post hoc en las variables de fuerza máxima en sentadilla y banca plana

Variable	Categoría	Vs	Valor p
1RM Sentadilla (kg)	Intermedio	Avanzado	.062
		Elite	.001**
	Avanzado	Elite	.018*
1RM Banca plana (kg)	Intermedio	Avanzado	.015*
		Elite	.001*
	Avanzado	Elite	.044*

* = Diferencias estadísticamente significativas $p < .05$; ** = Diferencias estadísticamente muy significativas $p < .001$.

Tabla 9.
Análisis inferencial de la edad, experiencia y masa muscular en las categorías: intermedio, avanzado y elite

Variable	n	Categoría	Me	RI	Estadístico H	Valor p
Edad (años)	10	Intermedio	24.5	14.3		
	10	Avanzado	25.5	7.3	5.8	.053§
	10	Elite	30	4.3		
Experiencia (años)	10	Intermedio	1.5	3		
	10	Avanzado	4	2.5	7.1	.028*
	10	Elite	4	2.5		
Masa muscular (%)	10	Intermedio	38.2	4.1		
	10	Avanzado	40.1	5	1.7	.409
	10	Elite	40.4	4.3		

Me = Mediana; RI = Rango intercuartílico; * = Diferencias estadísticamente significativas $p < .05$; § = tendencia a la diferencia estadística.

Tabla 10.
Análisis Post hoc en las variables edad y experiencia

Variable	Categoría	Vs	Valor p
Edad (años)	Intermedio	Avanzado	.939
		Elite	.099
	Avanzado	Elite	.012*
Experiencia (años)	Intermedio	Avanzado	.101
		Elite	.010*
	Avanzado	Elite	.261

* = Diferencias estadísticamente significativas $p < .05$

Discusión

El objetivo del estudio fue establecer diferencias de rendimiento en la fuerza máxima en sentadilla y banca plana, flexibilidad y composición corporal en los competidores de Crossfit® según su categoría.

Al analizar la variable de fuerza máxima en sentadilla, se observa que a medida que se asciende de categoría; los valores de fuerza máxima en sentadilla incrementan, estableciendo una diferencia del 34.9% entre los intermedios (117.9 ± 23.5 kg) y la categoría elite (180.9 ± 19.7 kg) estadísticamente significativa ($p < .001$). Sin embargo, al comparar los valores de rendimiento de estas categorías con los datos reportados por Ayllón et al. (2005) en ocho levantadores españoles de selección nacional entre 18 y 30 años en la fuerza máxima, estos datos son inferiores (292.8 ± 55.7 kg) siendo un resultado esperado y predecible porque se espera mayor rendimiento de los pesistas por la especificidad de su deporte sumado al nivel de rendimiento que llevó a representar el país en el respectivo ciclo olímpico.

Por otro parte, al comparar la fuerza relativa de los participantes del estudio realizado por Martínez-Gómez et al. (2020) se observa un valor de 1.7 ($\pm .3$), mientras que los participantes del presente estudio reportaron un dato de 1.9 ($\pm .3$); por lo tanto, al realizar una comparación entre practicantes de Crossfit®, los valores del presente estudio tienen una mejor expresión de fuerza relativa. Esto probablemente sea producto de la frecuencia de entrenamiento, variable no reportada en ambos estudios y por la experiencia en esta modalidad, factores que permiten explicar estos resultados.

De manera específica, en la fuerza máxima en banca plana se observa la misma línea de ascenso en la fuerza a través de las categorías intermedios, avanzados y elite (74 ± 18.3 kg; 98.1 ± 13 kg; y 118.6 ± 20.3 kg respectivamente) con diferencias estadísticas ($p < .001$), es decir, a mayor categoría de rendimiento, mayores niveles de fuerza máxima; esto se puede explicar por las adaptaciones al proceso de entrenamiento. No obstante, estos valores son bajos en las categorías intermedio y avanzado al compararlos con atletas de powerlifting quienes tienen valores promedio de 113.6 kg en banca plana (João et al., 2014), aunque es necesario resaltar que estos fueron superados por la categoría elite del presente estudio en casi un 5%. De esta manera, únicamente la categoría elite tiene valores similares con los atletas de powerlifting, quienes, a diferencia de los levantadores de pesas, incluyen el ejercicio de banca plana como uno de los pilares de su deporte. De igual manera, al hacer la comparación de la fuerza relativa en banca plana de los participantes con el estudio de Martínez-Gómez et al. (2020) con un valor de 1.4 (± 1.1) con los datos del presente estudio 1.3 ($\pm .2$); siendo un valor inferior, esto probablemente pueda ser explicado por el bajo desempeño de los participantes de la categoría intermedio y avanzado en los resultados de esta prueba.

En definitiva, se encontraron diferencias estadística-

mente significativas en las pruebas de fuerza máxima en sentadilla y banca plana ($p < .001$). En la prueba de fuerza máxima en sentadilla se encontró que entre el grupo intermedio y elite existe una diferencia del 25.8%, mientras que entre los avanzados y la elite la diferencia fue de 19.1%. Ahora, en la prueba de banca plana se encontró que entre el grupo intermedio y avanzado existe una diferencia del 24.6% y 37.6% con el grupo elite; mientras que los avanzados tienen una diferencia del 17.3% en comparación con el grupo elite, siendo así el grupo elite el más fuerte en estas pruebas. Lo anterior, se debe a que el grupo de elite y avanzado tiene más tiempo de entrenamiento en el Crossfit® (Med = 4; RIC = 2.5 años) comparado con el grupo el grupo intermedio (Med = 1.5; RIC = 3 años) y está demostrado una relación directamente proporcional entre el tiempo de práctica del Crossfit® y la capacidad (Bellar et al., 2015) porque conlleva a una adecuada ejecución de la técnica y por ende, a ganancias de la fuerza que se traducen en un mejor rendimiento (Oliver-López et al., 2022).

En relación con los resultados de la flexibilidad se encontró que el 46.7% de los competidores en Crossfit® del presente estudio presentan un nivel medio bajo mientras que el 43.3% se encuentra en un nivel medio. Igualmente, De Araújo (2005) reportó sujetos que practican ciclos de fuerza muscular de alta intensidad con un nivel medio bajo; similar al comparar adultos del común y deportistas (medio bajo y medio). Sumado a lo anterior, Casallas & Díaz (2015) reportaron valores medio bajo en ciclistas. Así, se deduce que la práctica del Crossfit® mantiene rangos de movilidad articular requeridos para cada uno de los ejercicios por la realización de movilidad articular combinados con estiramientos dinámicos y estáticos en los WOD, lo cual explica la ubicación percentilar. Tanto, que los practicantes de Crossfit® tienen valores de ROM más altos que deportistas de powerlifting y culturismo porque realizan más ejercicios por encima de la cabeza (Cejudo, 2022). Por su parte, Tafuri et al. (2016) encontraron valores más altos en practicantes de Crossfit® en la movilidad del hombro que los levantadores de pesas y culturistas, pero medidos con el Functional Movement Screen (FMS). Esto genera la necesidad que los entrenadores conozcan los valores de referencia (ROM) por cada movimiento para la práctica del Crossfit® con el objetivo de implementar programas de flexibilidad (estiramientos activos en el calentamiento activación y estiramientos pasivos en el enfriamiento) que permitan un movimiento técnico correcto y en consecuencia disminución del riesgo de lesión (Cejudo, 2022). En este estudio al parecer, entre mayor nivel de rendimiento, menor rango de movilidad articular, es decir, la elite y los avanzados se ubicaron en el nivel medio bajo, mientras que los intermedio se ubicaron predominantemente en el nivel medio. Por consiguiente, se hace necesario prestar atención a una buena movilidad, porque esto permite aplicar fuerza de manera óptima por el posicionamiento de las palancas mecánicas biológicas, el rango de movilidad articular y el ajuste de las estructuras

musculares subyacentes (Simão et al., 2011).

Por otra parte, los competidores de Crossfit® reportados en este estudio tienen una mediana de edad de 26.5 años ($RI = 10.3$) que significa una población adulto joven (Vera, 1996), pero con diferencia estadística significativa entre el grupo elite comparado con el grupo avanzado ($p = .012$); esto también pudo influir en las diferencias encontrados en la fuerza máxima; sin embargo, tener mayor edad no significó en este estudio mayor experiencia, en el cual solo se registró diferencias entre el grupo elite y el grupo intermedio ($p = .010$), así que las diferencias encontradas entre el grupo elite y avanzado no se pueden explicar por la experiencia deportiva, tal vez puedan ser explicadas por el programa de entrenamiento de cada participante.

En el análisis del porcentaje de grasa corporal, se resalta el dato máximo de 26.6%; que podría significar que el participante se encuentra en sobrepeso con 85 kg. Empero, es importante mencionar que este sujeto tiene 12 años de experiencia deportiva en el levantamiento de pesas y cumple con condiciones morfológicas de esta modalidad siendo posiblemente meso-endomórfica como reporta Oliver-López et al. (2022) en practicantes de Crossfit® y como sucede con los levantadores de pesas de las categorías de 81 kg, 96 kg, 109 kg y +109 kg (Rodríguez et al., 2014). Por su parte, Perna et al. (2017) realizaron un estudio donde compararon practicantes de Crossfit® vs nadadores y encontraron valores similares en las medias de masa (77 kg vs 77.5 kg) y porcentaje de grasa corporal (20.1% vs 21.2%) observadas en el presente estudio. Además, al analizar las categorías de competición se puede observar que la media de la masa es muy similar a los datos reportados por el mismo autor, mostrando valores de 71.66 (± 19.13) kg y discriminados por categoría así: intermedios 74.6 (± 9.53) kg, avanzados 74.7 (± 9.71) kg y elite 81.8 (± 9.54) kg. Esta similitud posiblemente se presente por el criterio de selección de experiencia mínima en el Crossfit® (un año). En la variable de porcentaje de grasa el grupo intermedio (21.7 ± 3.82 %), avanzado (18.9 ± 4.43 %) y elite (19.8 ± 2.98 %) reportaron valores inferiores a los valores del estudio de Perna et al. (2017) (23.4%). En relación con el porcentaje de masa muscular, se encontró que a mayor categoría de competición mayor porcentaje de masa muscular, sin diferencias estadísticas ($p = .409$) explicadas por los valores de fuerza máxima producto del entrenamiento y en coherencia con las adaptaciones crónicas del mismo (Oliver-López et al., 2022).

Conclusiones

La práctica del Crossfit® afecta favorablemente la obtención de fuerza máxima, enmarcada en sentadilla (miembros inferiores) y en banca plana (miembros superiores) donde se evidencia diferencias en las categorías de competencia. Esto representa una posibilidad de entrenamiento sea en términos de conseguir el efecto protector

del mejoramiento de la fuerza en diferentes poblaciones o mejorar el rendimiento en el deporte.

Para el caso de la flexibilidad, el Crossfit® no afecta esta capacidad, por ende, es importante ofrecer planes alternativos de este componente cuando sea recomendable por las condiciones individuales de los sujetos que practiquen esta modalidad.

A pesar de que se esperaría diferencias de indicadores antropométricos entre las categorías de competición, los resultados de esta investigación no muestran que tales cambios sean significativos; sin embargo, se observaron diferencias particulares en algunos sujetos de los evaluados, especialmente en la disminución del porcentaje de grasa.

Recomendaciones

Se recomienda repetir el estudio incluyendo mayor cantidad de variables del rendimiento físico con test directos para establecer diferencias en los grupos de competencia en los Crossfit® Games. Además, realizar el estudio con una muestra representativa y, avanzar con estudios longitudinales para establecer evidencia empírica de los efectos de entrenamiento del programa de Crossfit® dada la variedad de entrenamientos, ejercicios e intensidades. Además, incluir un seguimiento de las lesiones producidas por el mismo (Cervantes et al., 2022; Tafuri et al., 2016). Se debe tener precaución para extrapolar los datos del presente estudio solamente a sujetos con características similares.

Limitaciones

El tamaño de la muestra producto de la crisis sanitaria mundial a causa del SARS-Cov-2.

Aplicaciones prácticas

Los entrenadores con los valores de referencia de fuerza máxima en las diferentes categorías pueden diseñar programas de entrenamiento a corto, mediano y largo plazo de acuerdo con la categoría de competición en Colombia.

Referencias

- Abraira, V. (2001). El índice kappa. *Semergen-Medicina de Familia*, 27(5), 247–249. [http://dx.doi.org/10.1016/S1138-3593\(01\)73955-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1138-3593(01)73955-X)
- Alomía, L. R., Peña-Toncoso, S., Hernández-Mosqueira, C., & Espinoza Cortez, J. (2022). Comparison of the Methods of Anthropometry and Electrical Bioimpedance Through the Determination of Body Composition in University Students. *MHSalud*, 19(2), 177–186. <http://dx.doi.org/10.15359/mhs.19-2.13>
- Alvero-Cruz, J. R., Gómez, L. C., Ronconi, M., & Vázquez, R. F. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 167–174.
- Ambroży, T., Rydzik, Ł., Kwiatkowski, A., Spieszny, M., Ambroży, D., Rejman, A., Koteja, A., Jaszczur-Nowicki, J., Duda, H., & Czarny, W. (2022). Effect of CrossFit Training on Physical Fitness of Kickboxers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4526. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084526>
- Ayllón, F. J. N., Rodríguez, J. S. L., & Forte, D. (2005). *Determinación de los niveles de fuerza máxima aplicada, Velocidad y potencia por medio de un test creciente en sentadilla profunda con barra libre en levantadores españoles*. Departamento de fundamentos de la motricidad y entrenamiento deportivo. Univ. Europea de Madrid (UEM).
- Bellar, D., Hatchett, A., Judge, L. W., Breaux, M., & Marcus, L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in in CrossFit exercise. *Biology of sport*, 32(4), 315–320. <https://doi.org/10.5604/20831862.1174771>
- Butcher, S. J., Neyedly, T. J., Horvey, K. J., & Benko, C. R. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open access journal of sports medicine*, 6, 241. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s88265>
- Cardeñosa, A. C., Andrada, R. T., Cardeñosa, M. C., Flores, S. G., Camacho, G. J. O., & Serrano, M. M. (2020). Six-months CrossFit training improves metabolic efficiency in young trained men. *Cultura, ciencia y deporte*, 15(45), 421–427. <https://doi.org/10.12800/ccd.v15i45.1519>
- Casallas, J. I. R., & Díaz, Á. J. G. (2015). Evaluación del método Flexitest en los niños y niñas de la escuela de ciclismo de Cajicá-categoría pre infantil e infantil. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 1(2).
- Cayetano, G. S., & Macón, E. I. (2014). *Estudio del nuevo fenómeno deportivo CrossFit*. Universidad de León.
- Cejudo, A. (2022). Predicting the Clean Movement Technique in Crossfit® Athletes Using an Optimal Upper-Limb Range of Motion: A Prospective Cohort Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912985>
- Cervantes, H., N., Hernandez, N., N., & Carrasco, L., C. E. (2022). Comparación de pruebas para medir la fatiga muscular en el entrenamiento de atletas hombres de CrossFit: Una revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 43, 923–930. <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.89787>
- Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. de S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., Soncin, R., Cardoso Filho, C. A., Bottaro, M., & Hernandez, A. J. (2018). CrossFit overview: Systematic review and meta-analysis. *Sports medicine-open*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40798->

- 018-0124-5
- Costa, F., Feye, A. S. P., & Magallanes, C. (2021). Efectos del entrenamiento de sobrecarga tradicional vs CrossFit sobre distintas expresiones de la fuerza. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 42, 182–188. <https://doi.org/10.47197/retos.v42i0.86132>
- CrossFit. (2020). *Official CrossFit affiliate map*. Official CrossFit Affiliate Map. <https://map.crossfit.com/>
- CrossFit. (2022). *Competition Rulebook*.
- CrossFit Inc. (2018). *La guía de entrenamiento de nivel 1*. http://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_Level1_Spanish_Latin_American.pdf
- CrossFit Inc. (2019). *CrossFitGames rulebook*. CrossFit.com. <https://games.crossfit.com/rules>
- CrossFit Inc. (2020). *Guía de entrenamiento del nivel 1*. CrossFit training.
- Dawson, M. C. (2017). CrossFit: Fitness cult or reinventive institution? *International review for the sociology of sport*, 52(3), 361–379. <https://doi.org/10.1177/1012690215591793>
- De Araújo. (2005). *Flexitest. El método de evaluación de la flexibilidad*. (1a ed.). Paidotribo.
- de Sousa, A. F., dos Santos, G. B., dos Reis, T., Valerino, A. J., Del Rosso, S., & Boullosa, D. A. (2016). Differences in Physical Fitness between Recreational CrossFit® and Resistance Trained Individuals. *Journal of Exercise Physiology Online*, 19(5).
- Eather, N., Morgan, P., & Lubans, D. (2015). Improving health-related fitness in adolescents: The CrossFit Teens randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, e11. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.406>
- Fisher, J., Sales, A., Carlson, L., & Steele, J. (2017). A comparison of the motivational factors between CrossFit participants and other resistance exercise modalities: A pilot study. *J Sports Med Phys Fitness*, 57(9), 1227–1234. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.16.06434-3>
- Gerhart, D., & Pasternostro, B. M. (2014). *A Comparison of CrossFit training to traditional anaerobic resistance training in terms of selected fitness domains representative of overall athletic performance*. 9(2), 26.
- González, M. Á. M., Villegas, A. S., Atucha, E. T., & Fajardo, J. F. (2020). *Bioestadística amigable*. (4a ed.). Elsevier.
- Hernández, N. C., Nájera, N. H., & Legleu, C. E. C. (2022). Comparación de pruebas para medir la fatiga muscular en el entrenamiento de atletas hombres de CrossFit: Una revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 43, 923–930.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana México.
- João, G. A., Evangelista, A. L., Gomes, H., Charro, M. A., & Bocalini, D. (2014). Effect of 16 Weeks of periodized resistance training on strength gains of powerlifting athletes. *Journal of Exercise Physiology*, 17(3), 8.
- Kluszczewicz, B., John, Q. C., Daniel, B. L., Gretchen, O. D., Michael, E. R., & Kyle, T. J. (2015). Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit™ vs. Treadmill Bout. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 81–90. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0064>
- Lukaski, H. C., Bolonchuk, W. W., Hall, C. B., & Siders, W. A. (1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology*, 60(4), 1327–1332. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.4.1327>
- Martínez-Gómez, R., Valenzuela, P. L., Alejo, L. B., Gil-Cabrera, J., Montalvo-Pérez, A., Talavera, E., Lucia, A., Moral-González, S., & Barranco-Gil, D. (2020). Physiological Predictors of Competition Performance in CrossFit Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3699. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103699>
- Meyer, J., Morrison, J., & Zuniga, J. (2017). The benefits and risks of CrossFit: A systematic review. *Workplace health & safety*, 65(12), 612–618. <https://doi.org/10.1177/2165079917724454>
- Congreso de la República sobre las consideraciones éticas para la investigación con seres humanos., Pub. L. No. Resolución N° 008430 (1993).
- Mundial medical association, A., M. (2019). *Declaración de Helsinki de la AMM-Pincipios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. <http://repositorio.mederi.com.co/bitstream/handle/123456789/386/Declaracion-Helsinki-2013-Esp.pdf?sequence=1>
- Murawska-Cialowicz, E., Wojna, J., & Zuwała-Jagiello, J. (2015). CrossFit trainig brain-derives neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young phisically antive men and women. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 66(6), 811–821.
- Nash, M., & Baron, M. A. (2018). ‘Let’s work on your weaknesses’: Australian CrossFit coaching, masculinity and neoliberal framings of ‘health’ and ‘fitness’. *Sport in Society*, 21(9), 1432–1453. <https://doi.org/10.1080/17430437.2017.1390565>
- Oliver-López, A., García-Valverde, A., & Sabido, R. (2022). Summary of the evidence on responses and adaptations derived from crossfit training. A systematic review. *Retos*, 46, 309–322. <https://doi.org/10.47197/retos.v46.93442>
- Özbay, S. (2019). The Effects of Different Types of Strength Training for Recreational Purposes on the Body Composition and Strength Development of University Students. *Asian Journal of Education and Training*, 5(2), 381–385. <https://doi.org/10.20448/journal.522.2019.52.381.385>
- Paine, J., Uptgraft, J., & Wylie, R. (2010). *Command and*

- general staff college. *CrossFit study*. Comprehensive soldier fitness, command and general staff college lewis and clark bulding fort leavenworth, ks 66027.
- Partridge, J. A., Knapp, B. A., & Massengale, B. D. (2014). An investigation of motivational variables in CrossFit facilities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1714–1721. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000288>
- Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Testes de força e resistência muscular: Confiabilidade e predição de uma repetição máxima - Revisão e novas evidências. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 9(5), 325–335. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922003000500007>
- Perna, S., Bologna, C., Degli Agosti, I., & Rondanelli, M. (2017). High intensity crossfit training compared to high intensity swimming: A pre-post trial to assess the impact on body composition, muscle strength and resting energy expenditure. *Asian Journal of Sports Medicine*, 9(1), 1–5. <https://doi.org/10.5812/asjms.13843>
- Pukiebook. (2022). *Eventos* [Corporativo]. Pukiebook. <https://events.pukiebook.com/events>
- Quintana, M. S. (2005). Teoría de kinantropometría. *Madrid: INEF*.
- Robinson, G., & O'Donoghue, P. (2007). Una estadística kappa ponderada para las pruebas de fiabilidad en el análisis de rendimiento del deporte. *Revista internacional de análisis de rendimiento en el deporte*, 7(1), 12–19.
- Rodríguez, X., Castillo, O., Tejo, J., & Rozowski, J. (2014). Somatotipo de los deportistas de alto rendimiento de Santiago, Chile. *Revista chilena de nutrición*, 41(1), 29–39. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000100004>
- Simão, R., Lemos, A., Salles, B., Leite, T., Oliveira, É., Rhea, M., & Reis, V. M. (2011). The influence of strength, flexibility, and simultaneous training on flexibility and strength gains. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1333–1338. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181da85bf>
- Smith, M., Somer, A., Starkoff, B., & Devor, S. (2017). CrossFit-based high intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition: Retraction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 76–90. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001990>
- Sobrero, G. L., Arnett, S., Schafer, M., Stone, W., Lyons, S., Esslinger, K., Esslinger, T., Crandall, J., & Maples, J. (2014). Crossfit Vs. Resistance-training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(5S), 888. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000496164.24306.23>
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman, J. B. (2007). *Using multivariate statistics* (Vol. 5). Pearson.
- Tafari, S., Notarnicola, A., Monno, A., Ferretti, F., & Moretti, B. (2016). CrossFit athletes exhibit high symmetry of fundamental movement patterns. A cross-sectional study. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 6(1), 157. <https://doi.org/10.11138/mltj/2016.6.1.157>
- Thompson, W. R. (2014). Worldwide survey of fitness trends for 2015: What's driving the market. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 18(6), 8–17. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000073>
- Tibana, R. A., de Almeida, L. M., Frade de Sousa, N. M., Nascimento, D. da C., Neto, I. V. de S., de Almeida, J. A., de Souza, V. C., Lopes, M. de F. T. P. L., Nobrega, O. de T., Vieira, D. C. L., Navalta, J. W., & Prestes, J. (2016). Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. *Frontiers in Physiology*, 7, 260. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00260>
- Vera, P. S. (1996). Tercera y cuarta edad en España desde la perspectiva de los hogares. *Reis*, 73(96), 57–79. <https://doi.org/10.2307/40183841>
- Wasfy, M. M., & Baggish, A. L. (2016). Exercise dose in clinical practice. *Circulation*, 133(23), 2297–2313. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.116.018093>
- Weisenthal, B. M., Beck, C. A., Maloney, M. D., DeHaven, K. E., & Giordano, B. D. (2014). Injury rate and patterns among CrossFit athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2(4). <https://doi.org/10.1177/2325967114531177>
- Wiewelhoe, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2015). Markers for routine assessment of fatigue and recovery in male and female team sport athletes during high-intensity interval training. *PloS one*, 10(10), e0139801. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139801>
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2293–2307. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31823a3e2d>
- Yüksel, O., Gündüz, B., & Kayhan, M. (2019). Effect of Crossfit Training on Jump and Strength. *Journal of Education and Training Studies*, 7(1), 121–124. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i1.3896>